

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-304440

(43)Date of publication of application : 31.10.2001

(51)Int.Cl.

F16K 11/22
B81B 3/00
F16K 7/17
F16K 31/126

(21)Application number : 2000-127429

(71)Applicant : NATL INST OF ADVANCED
INDUSTRIAL SCIENCE &
TECHNOLOGY METI

(22)Date of filing : 27.04.2000

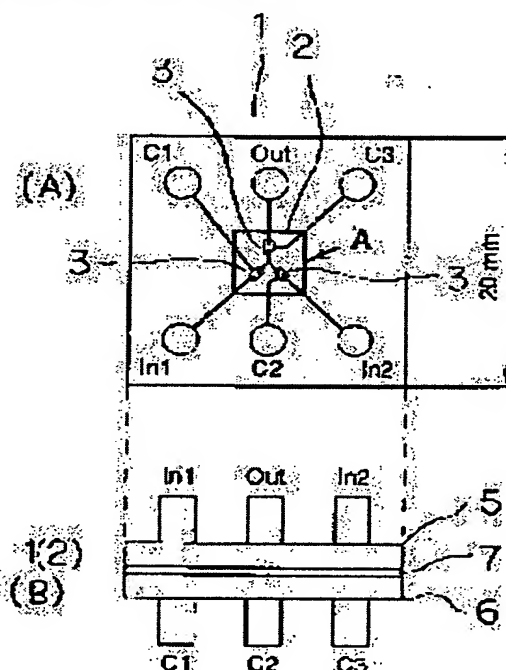
(72)Inventor : HOSOKAWA KAZUO
MAEDA RYUTARO

(54) MICROVALVE DEVICE AND MANUFACTURING METHOD OF THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To simplify a manufacturing process of a micro fluid device.

SOLUTION: A one-way micro valve device or a three-way micro valve device A is formed by one or plural one-way micro valve units 3. A figure shows an example of the three-way micro valve device, where working fluid passages are respectively formed from input ports In1 and In2 and an output port Out, and joined at a center of a chip. Each passage has the one-way micro valve unit 3. The one-way micro valve unit 3 is normally closed by the contact of a membrane and a valve seat. The external driving air negative pressure is supplied through control ports C1, C2 and C3, whereby the membrane is displaced in the direction to open the one-way micro valve unit 3.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.04.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3418727

[Date of registration]

18.04.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP I are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Micro bulb equipment characterized by constituting by the piece or two or more one-way valve micro bulb units.

[Claim 2] Have said two or more one-way valve micro bulb units, and it has the valve system to which the membrane displaced in a bulb field for said every one-way valve micro bulb unit carries out ** arrival to a valve seat, and opens and closes an actuation fluid channel. And said membrane which reached with the drive fluid-control-device chip with two or more control ports and the actuation fluid-control-device chip with two or more access ports, and was inserted into said both components chip collaborates, and said two or more one-way valve micro bulb units are constituted. Paste said membrane and said drive fluid-control-device chip forms two or more drive fluid channels which have the pressure room which is one on which it is open for free passage with one control port, and the pressure of a drive fluid acts in one bulb field. Paste said membrane and said actuation fluid-control-device chip forms two or more actuation fluid channels which are open for free passage to one access port, and pass along said bulb field. Said two or more actuation fluid channels are mutually open for free passage, and said pressure room and said actuation fluid channel adjoin on both sides of said membrane in said bulb field. Micro bulb equipment according to claim 1 which is made to carry out the variation rate of said membrane, is made to carry out ** arrival to said valve seat, and is characterized by constituting the method valve of plurality as said one-way valve micro bulb unit was opened and closed by carrying out the feeding and discarding of the pressure of said drive fluid to said pressure room.

[Claim 3] It is one-way valve micro bulb equipment which has the one-way valve micro bulb unit which has said one-way valve micro bulb unit of a piece, and has the valve system to which the membrane displaced in a bulb field carries out ** arrival to a valve seat, and opens and closes an actuation fluid channel. It has said membrane which reached with the drive fluid-control-device chip with one control port, and the actuation fluid-control-device chip with two access ports, and was inserted into said both components chip. Carry out [aforementioned] adhesion and said drive fluid-control-device chip forms in said membrane the drive fluid channel which has the pressure room where it is open for free passage with a control port, and the pressure of a drive fluid acts in said bulb field. Said actuation fluid-control-device chip pastes up and forms in said membrane the actuation fluid channel which is open for free passage to an access port, and passes along said bulb field. In said bulb field, said pressure room and said actuation fluid channel adjoin on both sides of said membrane. Micro bulb equipment according to claim 1 which is made to carry out the variation rate of said membrane, is made to carry out ** arrival to said valve seat, and is characterized by constituting an one-way valve as said one-way valve micro bulb unit was opened and closed by carrying out the feeding and discarding of the pressure of said drive fluid to said pressure room.

[Claim 4] It is micro bulb equipment according to claim 2 or 3 characterized by having pasted up irreversibly said drive fluid-control-device chip and said membrane, and having pasted up reversibly said actuation fluid-control-device chip and said membrane.

[Claim 5] Said drive fluid-control-device chip, said actuation fluid-control-device chip, and said membrane are micro bulb equipment according to claim 2 or 3 characterized by being

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]**[0001]**

[Industrial Application] This invention relates to the micro bulb equipment which applied and manufactured semi-conductor ultra-fine processing technology, and its production process. This micro bulb equipment is applicable to chemical analyses, such as a gene analysis, and composition.

[0002]

[Description of the Prior Art] A micro fluid device like [recently] micro bulb equipment has attracted attention. It is remarkable especially in the chemical technique containing a micro chemical-analysis system (muTAS) (biotechnology). In a typical design, the detailed fluid channel (passage) is formed in micro bulb equipment, and a movable membrane carries out disjunction, and it is opened and closed by the valve seat prepared in the middle of this fluid channel. There are various things in the approach of a drive of a membrane.

[0003] The point of a micro bulb unit design is in the ingredient of a membrane. Big bending of a membrane to the extent that it is equal to the dimension of passage is required for ** arrival with a valve seat, i.e., fluid switching. In many cases, the bending is dozens of microns. Switching is indispensable on a biochemical technique.

[0004] Since Young's modulus's being low and a seal property are excellent, silicone rubber is regarded as one of the main ingredients of a micro bulb unit membrane. As a micro bulb unit of a type which drives the membrane of silicone rubber with pneumatic pressure ** [1] Ohori T and Shioji S and Miura K and Yotumoto A 1997 Three-way microvalve for blood flow control in medical micro total analysis systems proc (muTAS) IEEE Micro Electro Mechanical Systems and Nagoya 333-7, [2] Bousse L and Dijkstra E and Guenat O 1996 High-density arrays of valves and There are interconnects for liquid switching Proc.Solid-State Sensor and Actuator Workshop and Hilton Head 272-5.

[0005]

[The technical problem which should be solved] On the other hand, silicone rubber also has the dot that the drive approach has constraint. As the drive approach, only the two approaches of a pneumatic pressure method and a heat pneumatic pressure method are reported until now. However, these two approaches pose a problem, when manufacturing the high density array of a micro bulb unit. In the case of a heat pneumatic system, heat insulation with the adjoining bulb in a high density array is difficult. In the case of a pneumatic system, the micro passage for introducing pneumatic pressure into a membrane is required, but this already means further that the layer of the micro passage of the air for a drive other than the micro passage layer of the fluid switched is too many needed. However, a complicated manufacture process is needed for manufacture of the member of such multilayer micro passage.

[0006] The cross valve of a pneumatic system or the four-way-valve micro bulb unit is reported. They consist of 3 of the independent one-way valve bulb unit, or four pieces. However, they are not equipped with air micro passage. Therefore, spacing between bulb units will be restrained by the magnitude of the air connector which is not manufactured by micro processing. By these systems, when spacing becomes larger than 2.5mm and this has been arranged in the shape of a

one control port, and the actuation fluid-control-device chip with two access ports, and was inserted into said both components chip. Carry out [aforementioned] adhesion and said drive fluid-control-device chip forms in said membrane the drive fluid channel which has the pressure room where it is open for free passage with a control port, and the pressure of a drive fluid acts in said bulb field. Said actuation fluid-control-device chip pastes up and forms in said membrane the actuation fluid channel which is open for free passage to an access port, and passes along said bulb field. In said bulb field, said pressure room and said actuation fluid channel adjoin on both sides of said membrane. By carrying out the feeding and discarding of the pressure of said drive fluid to said pressure room, the variation rate of said membrane is carried out, ** arrival is carried out to said valve seat, and it is characterized by constituting an one-way valve, as said one-way valve micro bulb unit was opened and closed. Moreover, the manufacture approach of the micro bulb equipment this invention It is micro bulb equipment which has the piece which has the valve system to which the membrane displaced in a bulb field carries out ** arrival to a valve seat, and opens and closes an actuation fluid channel, or two or more one-way valve micro bulbs. It has said membrane which said one-way valve micro bulb unit reached with the drive fluid-control-device chip with a control port, and the actuation fluid-control-device chip with an access port, and was inserted into said both components chip. Said drive fluid-control-device chip pastes up and forms in said membrane the drive fluid channel which has the pressure room where it is open for free passage with a control port, and the pressure of a drive fluid acts in said bulb field. Carry out [aforementioned] adhesion and said actuation fluid-control-device chip forms in said membrane the actuation fluid channel which is open for free passage to an access port, and passes along said bulb field. In said bulb field, said pressure room and said actuation fluid channel adjoin on both sides of said membrane. It is the manufacture approach of the micro bulb equipment constituted so that the variation rate of said membrane might be carried out, ** arrival might be carried out to said valve seat and said one-way valve micro bulb unit might be opened and closed by carrying out the feeding and discarding of the pressure of said drive fluid to said pressure room. Apply a photoresist to a substrate and the pattern of said pressure room or said working-fluid passage is exposed. Develop negatives, form a reverse pattern on said substrate, then, supply the ingredient resin of a drive fluid-control-device chip or an actuation fluid-control-device chip on said substrate, and said reverse pattern is imprinted. Exfoliate ingredient resin from a substrate after that, obtain a drive fluid control device and an actuation fluid-control-device chip in this way, and, on the other hand, the ingredient resin of a membrane is supplied on other substrates. Paste up irreversibly the near field in which a membrane is formed on a substrate and then said pressure room of a drive fluid-control-device chip is formed on the front face of said membrane of said bulb field, and said membrane is made to exfoliate from said substrate. Next, it is characterized by pasting up reversibly the near field in which said actuation fluid channel of an actuation fluid-control-device chip is formed on the rear face of said membrane.

[0013]

[Example] The detail of this invention is explained above about the drawing in which an example is shown. In drawing 1, 1 is cross valve micro bulb equipment as an example of method valve of plurality micro bulb equipment.

[0014] This cross valve micro bulb equipment 1 has one piece or two or more cross valve micro bulbs 2, and the cross valve micro bulb 2 of this invention has two or more one-way valve micro bulb units 3. That is, the one-way valve micro bulb unit 3 is a bulb unit of the cross valve micro bulb 2 thru/or cross valve micro bulb equipment 1. The one-way valve micro bulb unit 3 of this invention can also constitute the one-way valve micro bulb equipment of this invention which has the passage of only an one direction independently while being the component of cross valve micro bulb equipment 1 as mentioned above. The example shown below explains cross valve micro bulb equipment 1 as instantiation as method valve of plurality micro bulb equipment 1, and explains the cross valve micro bulb 2 as instantiation as a method valve of plurality micro bulb unit.

[0015] Drawing 1 shows the cross valve micro bulb equipment 1 which has the cross valve micro bulb 2 with three independent one-way valve micro bulb units 3. Cross valve micro bulb

membrane 7 of 25-micrometer thickness was obtained as the result. In order to realize irreversible adhesion between the drive fluid-control-device chip 6 and a membrane 7, both front faces are processed with the ***** plasma by the following conditions in a RIE machine for 1 hour. Oxygen gas flow rate 100sccm, pressure 300mTorr, and power 200W.

[0021] Immediately after taking out from a plasma chamber, two front faces are contacted and it burns at 100 degrees C in oven for 2 hours (drawing 4 D). Since two members were pasted up irreversibly, they can exfoliate from a substrate, keeping the configuration of a membrane 7 together (drawing 4 E). Finally, all members are assembled. The actuation fluid-control-device chip 5 will be manufactured by the same approach as the drive fluid-control-device chip 6, if the point that the thickness of SU-8 photoresist is 25 micrometers is removed. Reversible adhesion of the actuation fluid-control-device chip 5 is carried out only by making the front face of the synthetic body of the drive fluid-control-device chip 6 and a membrane 7 contact.

[0022] Since PDMS is transparent, alignment can be performed using a video microscope (the product made from VH-6300;KEYE, Japan), and the handmade instrument using an X-Y-Z stage. Six glass pipes are inserted in an access hole, and PDMS is pasted (drawing 4 F).

[0023]

[Experiment] It experimented about the flowing characteristic of the method valve of plurality micro bulb equipment 1 constituted as explained above.

[0024] The flow characteristics of an experimental device and the cross valve micro bulb equipment to the experiment approach water were evaluated using the equipment shown in drawing 5 . In drawing 5 , the silicone tube filled up with the (a) vacuum pump, a vacuum (b, c) regulator, a manual (d-g) cross valve, (n) water prehension trap, a (i) cross valve micro bulb, and pure water (j, k) is shown.

[0025] Negative pressure is used, in order to suck in water and to control a bulb membrane. Negative pressure was supplied by the vacuum pump (DA-5 D;ULVAC vacuum machine ** Co., Japan), and was separately adjusted independently using two vacuum regulators (VR200-G; the product made from KOGANEI, Japan) for control of absorption of water and a bulb. The change of the pressure between the vacuum-atmospheric pressure in a port is performed by using four cross valves. The pressure in each port is displayed by PXX (port name). The water pumped up from the exit port is once filled in a bottle, in order to avoid absorption by the regulator. An inlet-port port is connected to the silicone tube (die length of 1m, bore of 1mm) which filled pure water. The other end of a tube is wide opened by atmospheric pressure. Under [all / pressures / PIn1 and PIn2 / atmospheric pressure / a difference with a height / between equipment and the tube put on a desk / of several cm is disregarded and]. In order to calculate the volumetric flow rates q_1 and q_2 of In1 and In2, the passing speed of the water in a tube was measured.

[0026] In experimental result and examination drawing 6 A, the flow rate q_1 is plotted to the control pressure PC1 and PC3 which changes by 0-70KPa. (A) The closing motion behavior of fluid root In1-Out and the fluid root of In2-Out are closed. (B) The fluid root shows the flow rate to the suction pressure in an open condition. Fluid root In2-Out of another side is closed. (C) The flow rate to a suction pressure in case both fluid roots are in an open condition is shown.

[0027] The pressures [PC and POUT] 2 are kept constant as shown in drawing. This curve shows the behavior of closing motion of fluid root In1-Out when fluid root In2-Out has closed. Line formation is hardly seen by this curve. If it puts in another way, the equipment which consists of two bulb units controlled by C1 and C3 will function as one On-Off bulb.

[0028] Since it can be considered that three bulb units are equivalence, they have the same property as the On-Off property which also shows the combination of C2-C3 and C1-C2 in drawing 6 A. It is thought that the hysteresis between open pressure and a closing pressure is caused by sticking between a membrane and a valve seat (adhesion). The leakage by the closed state is not detected.

[0029] In drawing 6 B, the flow rate [as opposed to the suction pressure of 0-30KP in pressure variation] q_1 is plotted. Control pressure is [Equation 1].

It is held uniformly [PC1=PC3=-60KPa and PC2=0KPa]. This pressure makes fluid passage In1-Out "open", and makes fluid passage In2-Out "close." As shown in drawing 6 B, a flow rate is

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The explanatory view showing the cross valve micro bulb equipment which consists of three one-way valve units.

[Drawing 2] The A section enlarged drawing in drawing 1 A.

[Drawing 3] The B-B section sectional view in drawing 2.

[Drawing 4] The explanatory view showing the manufacture process of a Mikata micro bulb unit.

[Drawing 5] The explanatory view showing the experimental device for evaluating the flow characteristics of a cross valve micro bulb using water.

[Drawing 6] The graph which shows the property of a cross valve micro bulb of having dealt with water.

[Description of Notations]

1 Cross Valve Micro Bulb Equipment

2 Cross Valve Micro Bulb

3 One-way Valve Micro Bulb Unit

5 Working-Fluid Chip

6 Drive Fluid Chip

7 Membrane

8 Slot

11 Slot

12 Working-Fluid Passage

13 Pressure Room

14 Valve Seat

15 Super-Thick-Film Photoresist

16 Substrate

In1 Inlet-port port

In2 Inlet-port port

Out Exit port

C1 Control port

C2 Control port

C3 Control port

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-304440

(P2001-304440A)

(43) 公開日 平成13年10月31日 (2001. 10. 31)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
F 1 6 K 11/22		F 1 6 K 11/22	Z 3 H 0 5 6
B 8 1 B 3/00		B 8 1 B 3/00	3 H 0 6 7
F 1 6 K 7/17		F 1 6 K 7/17	Z
31/126		31/126	Z

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-127429 (P2000-127429)

(22) 出願日 平成12年4月27日 (2000. 4. 27)

(71) 出願人 301000011

経済産業省産業技術総合研究所長

東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

(72) 発明者 細川 和生

茨城県つくば市並木1丁目2番地 工業技術院機械技術研究所内

(72) 発明者 前田 龍太郎

茨城県つくば市並木1丁目2番地 工業技術院機械技術研究所内

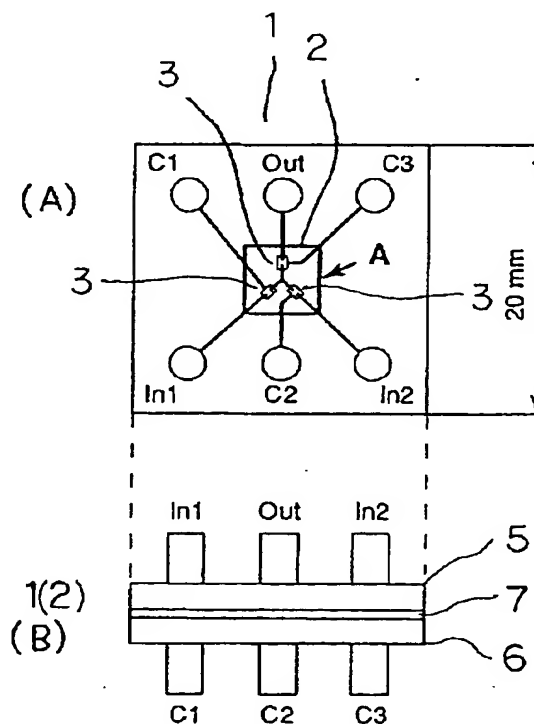
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロバルブ装置及びその製作方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 マイクロ流体装置の製作を簡単化すること

【解決手段】 一個または複数の一方弁マイクロバルブユニット3によって一方弁マイクロバルブ装置または三方弁マイクロバルブ装置Aを構成した。図は三方弁マイクロバルブ装置の例であり、作動流体流路が入口ポートIn1、In2及び出口ポートOutからきてチップの中央で合する。それぞれの流路は一方弁マイクロバルブユニット3を有している。一方弁マイクロバルブユニット3は通常はメンブレンと弁座が接して閉じている。外部の駆動空気負圧が制御ポートC1、C2、C3を介して供給され、メンブレンを一方弁マイクロバルブユニット3を開く方向に変位させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 一個または複数の一方弁マイクロバルブユニットによって構成したことを特徴とするマイクロバルブ装置。

【請求項2】 複数の前記一方弁マイクロバルブユニットを有し、それぞれの前記一方弁マイクロバルブユニット毎にバルブ領域において変位するメンブレンが弁座に離着して作動流体通路を開閉する弁機構を有し、かつ、複数の制御ポートをもつ駆動流体素子チップと複数のアクセスポートをもつ作動流体素子チップと及び前記両素子チップに挟まれた前記メンブレンとが協働して前記複数の一方弁マイクロバルブユニットを構成しており、前記駆動流体素子チップは1つの制御ポートと連通し1つのバルブ領域において駆動流体の圧力が作用する1つの圧力室を有する駆動流体通路を前記メンブレンに接着して複数個形成し、前記作動流体素子チップは一つのアクセスポートに連通し前記バルブ領域を通る作動流体通路を前記メンブレンに接着して複数個形成し、前記複数の作動流体通路は互いに連通しており、前記バルブ領域において前記圧力室と前記作動流体通路とは前記メンブレンを挟んで隣接しており、前記圧力室に前記駆動流体の圧力を給排することによって前記メンブレンを変位させて前記弁座と離着させて前記一方弁マイクロバルブユニットを開閉する様にして複数方弁を構成したことを特徴とする請求項1記載のマイクロバルブ装置。

【請求項3】 一個の前記一方弁マイクロバルブユニットを有し、バルブ領域において変位するメンブレンが弁座に離着して作動流体通路を開閉する弁機構を有する一方弁マイクロバルブユニットを有する一方弁マイクロバルブ装置であって、1つの制御ポートをもつ駆動流体素子チップと2つのアクセスポートをもつ作動流体素子チップと及び前記両素子チップに挟まれた前記メンブレンとを有し、前記駆動流体素子チップは制御ポートと連通し前記バルブ領域において駆動流体の圧力が作用する圧力室を有する駆動流体通路を前記メンブレンに前記接着して形成し、前記作動流体素子チップはアクセスポートに連通し前記バルブ領域を通る作動流体通路を前記メンブレンに接着して形成し、前記バルブ領域において前記圧力室と前記作動流体通路とは前記メンブレンを挟んで隣接しており、前記圧力室に前記駆動流体の圧力を給排することによって前記メンブレンを変位させて前記弁座と離着させて前記一方弁マイクロバルブユニットを開閉する様にして一方弁を構成したことを特徴とする請求項1記載のマイクロバルブ装置。

【請求項4】 前記駆動流体素子チップと前記メンブレンは不可逆的に接着し、前記作動流体素子チップと前記メンブレンは可逆的に接着していることを特徴とする請求項2または3記載のマイクロバルブ装置。

【請求項5】 前記駆動流体素子チップ、前記作動流体素子チップ及び前記メンブレンは透明または半透明な合

成樹脂製であることを特徴とする請求項2または3記載のマイクロバルブ装置。

【請求項6】 前記駆動流体素子チップ、前記作動流体素子チップ及び前記メンブレンはPDMS製であることを特徴とする請求項2または3記載のマイクロバルブ装置。

【請求項7】 前記駆動流体は空気であることを特徴とする請求項2または3記載のマイクロバルブ装置。

【請求項8】 バルブ領域において変位するメンブレンが弁座に離着して作動流体通路を開閉する弁機構を有する一個または複数の一方弁マイクロバルブユニットを有するマイクロバルブ装置であって、前記一方弁マイクロバルブユニットは制御ポートをもつ駆動流体素子チップとアクセスポートをもつ作動流体素子チップと及び前記両素子チップに挟まれた前記メンブレンとを有し、前記駆動流体素子チップは制御ポートと連通し前記バルブ領域において駆動流体の圧力が作用する圧力室を有する駆動流体通路を前記メンブレンに接着して形成し、前記作動流体素子チップはアクセスポートに連通し前記バルブ領域を通る作動流体通路を前記メンブレンに前記接着して形成し、前記バルブ領域において前記圧力室と前記作動流体通路とは前記メンブレンを挟んで隣接しており、前記圧力室に前記駆動流体の圧力を給排することによって前記メンブレンを変位させて前記弁座と離着させて前記一方弁マイクロバルブユニットを開閉する様に構成したマイクロバルブ装置の製作方法であって、基板にホトレジストを塗布して前記圧力室または前記作動流体流路のパターンを露光、現像して前記基板上に反転パターンを形成し、次に前記基板上に駆動流体素子チップまたは作動流体素子チップの材料樹脂を供給し前記反転パターンを転写して、その後基板から材料樹脂を剥離し、こうして駆動流体素子及び作動流体素子チップを得て、一方他の基板上にメンブレンの材料樹脂を供給して、基板上にメンブレンを形成し、次に駆動流体素子チップの前記圧力室が形成されている側の面を前記バルブ領域の前記メンブレンの表面に不可逆的に接着して前記メンブレンを前記基板から剥離させ、次に作動流体素子チップの前記作動流体通路が形成されている側の面を前記メンブレンの裏面に可逆的に接着することを特徴とするマイクロバルブ装置の製作方法。

【請求項9】 前記不可逆的接着は接着面の一方または両方を接着に先立って酸素プラズマで表面処理することによって行うことを特徴とする請求項8記載のマイクロバルブ装置の製作方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は半導体微細加工技術を応用して製作したマイクロバルブ装置とその製造工程に関するものである。このマイクロバルブ装置は遺伝子解析などの化学分析、合成に応用できる。

【0002】

【従来の技術】最近マイクロバルブ装置のようなマイクロ流体デバイスが注目されて来ている。マイクロ化学分析システム(μ TAS)を含む(バイオ)ケミカル技術においては特に顕著である。典型的な設計では、マイクロバルブ装置には微細な流体通路(流路)が形成されていて、この流体通路の途中に設けた弁座に可動のメンブレンが離接して開閉される。メンブレンの駆動の方法には種々のものがある。

【0003】マイクロバルブユニット設計のポイント

は、メンブレンの材料にある。流路の寸法に匹敵するほどのメンブレンの大きな撓みが弁座との離着すなわち流体スイッチングに必要である。多くの場合はその撓みは数十ミクロンである。スイッチングはバイオケミカル技術には必須である。

【0004】シリコーンゴムはヤング率が低いこととシール特性が優れていることから、マイクロバルブユニットメンブレンの主要な材料の1つと目されている。シリコーンゴムのメンブレンを空気圧で駆動するタイプのマイクロバルブユニットとしては[1] Ohori T, Shioji S, Miura K and Yotumoto A 1997 Three-way microvalve for blood flow control in medical micro total analysis systems (μ TAS) proc IEEE Micro Electro Mechanical Systems, Nagoya333-7, [2] Bousse L, Dijkstra E and Guenat O 1996 High-density arrays of valves and interconnects for liquid switching Proc. Solid-State Sensor and Actuator Workshop, Hilton Head 272-5がある。

【0005】

【解決すべき課題】一方、シリコーンゴムは駆動方法に制約があるという短点もある。その駆動方法としては、空気圧法と熱空気圧法との2つの方法だけがこれまでに報告されている。しかし、これらの2つの方法はマイクロバルブユニットの高密度アレイを製作する場合には問題となる。熱空気圧駆動の場合、高密度アレイにおける隣接するバルブとの熱絶縁が困難である。空気圧駆動の場合、メンブレンに空気圧を導入するためのマイクロ流路が要求されるが、このことは、スイッチングされる流体のマイクロ流路層の他にもう一層、駆動用空気マイクロ流路の層が余計に必要となることを意味する。しかるにこのような多層のマイクロ流路の部材の製作には複雑な製作プロセスが必要となる。

【0006】空気圧駆動の三方弁または四方弁マイクロバルブユニットについては報告されている。それらは独立した一方弁バルブユニットの3個または4個で構成されている。しかしそれらは空気マイクロ流路を備えていない。したがって、バルブユニット間の間隔はマイクロ加工で製作されていない空気コネクタの大きさによって制約されることとなる。これらのシステムでは間隔は2.5mmより大きくなり、このことは四角格子状に配

置した場合に、バルブ配置の理論的密度は16個/ cm^2 より低くなることを意味する。

【0007】

【課題を解決するための手段】この発明は、一例として三つの一方弁マイクロバルブユニットからなる三方弁マイクロバルブ装置に関するものである。一方弁マイクロバルブユニットはシリコーンゴムメンブレンを備えている。このメンブレンは外部から導入される負の空気圧によって駆動される。一方弁マイクロバルブユニット間の間隔は780 μm よりも小さく、これによって四角格子配列にした場合の理論配列密度が164個/ cm^2 以上になることを意味する。この小さな間隔は空気用のマイクロ流路を備えたシステムを採用することによって実現する。

【0008】この多層マイクロ流路をもつ比較的構造の複雑な装置を製作する過程を簡単にするために、装置の材料として透明シリコーンゴムの一種であるポリジメチルシロキサン(polydimethylsiloxane)(PDMS この明細書において同じ)を採用した。

【0009】最近、マイクロ流体装置の製作を簡単化するために、PDMSの型成形技術が広く使用されている。

【0010】普通に使われている過程は

(1) 表面に溝が形成されているPDMSチップをマイクロ加工で製作された型を用いて成形する。

(2) 溝を平基板でふたをしてマイクロ流路を形成する。

【0011】製作過程はPDMSの2つの特徴によって単純化されている。その1つはサブミクロンのレプリカ忠実再現性である。この忠実再現性はほとんどの応用例で十分な性能を有する。その2つは自己接着性である。溝を閉じる(シールする)ためには、PDMSの表面は手のかかる接着技術がなくても、ガラス、シリコーンPDMSなど種々の材料の表面に可逆的に接着することができる。さらにもし必要ならば、接着表面を接触前に酸素プラズマで表面処理して不可逆的に接着することができる。ここで述べた、マイクロバルブユニットは2つのPDMSマイクロ流路チップと1枚のメンブレンから成っている。それらの部材は可逆的及び不可逆的な接合技術とを使用して組立てられている。後者の不可逆的接合技術はPDMSメンブレンを基板からPDMSチップに移転するとき使用される。基板上のメンブレンはスピコートによって形成されるものである。

【0012】したがって、この発明のマイクロバルブ装置は、一個または複数の一方弁マイクロバルブユニットによって構成したことを特徴としている。また、この発明の他のマイクロバルブ装置は、複数の前記一方弁マイクロバルブユニットを有し、それぞれの前記一方弁マイクロバルブユニット毎にバルブ領域において変位するメ

ンブレンが弁座に離着して作動流体通路を開閉する弁機構を有し、かつ、複数の制御ポートをもつ駆動流体素子チップと複数のアクセスポートをもつ作動流体素子チップと及び前記両素子チップに挟まれた前記メンブレンとが協働して前記複数の一方弁マイクロバルブユニットを構成しており、前記駆動流体素子チップは1つの制御ポートと連通し1つのバルブ領域において駆動流体の圧力が作用する1つの圧力室を有する駆動流体通路を前記メンブレンに接着して複数個形成し、前記作動流体素子チップは一つのアクセスポートに連通し前記バルブ領域を通る作動流体通路を前記メンブレンに接着して複数個形成し、前記複数の作動流体通路は互いに連通しており、前記バルブ領域において前記圧力室と前記作動流体通路とは前記メンブレンを挟んで隣接しており、前記圧力室に前記駆動流体の圧力を給排することによって前記メンブレンを変位させて前記弁座と離着させて前記一方弁マイクロバルブユニットを開閉する様にして複数方弁を構成したことを特徴としている。さらにこの発明の他のマイクロバルブ装置は一個の前記一方弁マイクロバルブユニットを有し、バルブ領域において変位するメンブレンが弁座に離着して作動流体通路を開閉する弁機構を有する一方弁マイクロバルブユニットを有する一方弁マイクロバルブ装置であって、1つの制御ポートをもつ駆動流体素子チップと2つのアクセスポートをもつ作動流体素子チップと及び前記両素子チップに挟まれた前記メンブレンとを有し、前記駆動流体素子チップは制御ポートと連通し前記バルブ領域において駆動流体の圧力が作用する圧力室を有する駆動流体通路を前記メンブレンに前記接着して形成し、前記作動流体素子チップはアクセスポートに連通し前記バルブ領域を通る作動流体通路を前記メンブレンに接着して形成し、前記バルブ領域において前記圧力室と前記作動流体通路とは前記メンブレンを挟んで隣接しており、前記圧力室に前記駆動流体の圧力を給排することによって前記メンブレンを変位させて前記弁座と離着させて前記一方弁マイクロバルブユニットを開閉する様にして一方弁を構成したことを特徴としている。またこの発明のマイクロバルブ装置の製作方法は、バルブ領域において変位するメンブレンが弁座に離着して作動流体通路を開閉する弁機構を有する一個または複数の一方弁マイクロバルブを有するマイクロバルブ装置であって、前記一方弁マイクロバルブユニットは制御ポートをもつ駆動流体素子チップとアクセスポートをもつ作動流体素子チップと及び前記両素子チップに挟まれた前記メンブレンとを有し、前記駆動流体素子チップは制御ポートと連通し前記バルブ領域において駆動流体の圧力が作用する圧力室を有する駆動流体通路を前記メンブレンに接着して形成し、前記作動流体素子チップはアクセスポートに連通し前記バルブ領域を通る作動流体通路を前記メンブレンに前記接着して形成し、前記バルブ領域において前記圧力室と前記作動流体通路とは前記メン

ブレンを挟んで隣接しており、前記圧力室に前記駆動流体の圧力を給排することによって前記メンブレンを変位させて前記弁座と離着させて前記一方弁マイクロバルブユニットを開閉する様に構成したマイクロバルブ装置の製作方法であって、基板にホトレジストを塗布して前記圧力室または前記作動流体通路のパターンを露光、現像して前記基板上に反転パターンを形成し、次に前記基板上に駆動流体素子チップまたは作動流体素子チップの材料樹脂を供給し前記反転パターンを転写して、その後基板から材料樹脂を剥離し、こうして駆動流体素子及び作動流体素子チップを得て、一方他の基板上にメンブレンの材料樹脂を供給して、基板上にメンブレンを形成し、次に駆動流体素子チップの前記圧力室が形成されている側の面を前記バルブ領域の前記メンブレンの表面に不可逆的に接着して前記メンブレンを前記基板から剥離させ、次に作動流体素子チップの前記作動流体通路が形成されている側の面を前記メンブレンの裏面に可逆的に接着することを特徴としている。

【0013】

【実施例】以上この発明の詳細を実施例を示す図面について説明する。図1において1は複数方弁マイクロバルブ装置の一例としての三方弁マイクロバルブ装置である。

【0014】この三方弁マイクロバルブ装置1は1個または複数個の三方弁マイクロバルブ2を有しており、この発明の三方弁マイクロバルブ2は複数の一方弁マイクロバルブユニット3を有するものである。すなわち一方弁マイクロバルブユニット3は三方弁マイクロバルブ2乃至三方弁マイクロバルブ装置1のバルブユニットである。この発明の一方弁マイクロバルブユニット3は前記のように三方弁マイクロバルブ装置1の構成要素であるとともに、単独で一方向だけの流路をもつこの発明の一方弁マイクロバルブ装置を構成することも可能である。以下に示す実施例では複数方弁マイクロバルブ装置1として三方弁マイクロバルブ装置1を例示として説明しており、複数方弁マイクロバルブユニットとして三方弁マイクロバルブ2を例示として説明している。

【0015】図1は独立した3つの一方弁マイクロバルブユニット3をもつ三方弁マイクロバルブ2を有する三方弁マイクロバルブ装置1を示している。三方弁マイクロバルブ装置1は2つのPDMS製のチップ、すなわち作動流体素子チップ5と駆動流体素子チップ6、とこの2つのチップに挟まれているPDMS製のメンブレン7とからなる。三方弁マイクロバルブ装置1は特定の流れの方向をもたないけれども、作動流体素子チップ5中の3つのアクセスポートは、便宜上、入口ポート(In1-2)及び出口ポート(Out)と呼ばれる。一方、駆動流体素子チップ6には3つの制御ポート(C1-3)がある。作動流体素子チップ5及び駆動流体素子チップ6は、マイクロ加工で製作された深さ25 μ m及び70

μm の溝8、11が形成されている。溝8、11はメンブレン7の両面とシールしてマイクロ流路である作動流体流路12と圧力室13の2つの層を形成する。作動流体流路12は作動流体を通ずる流路であり、圧力室13は駆動流体の圧力が作用する室である。この実施例では、駆動流体は空気である。作動流体素子チップ5は可逆的にメンブレン7に接着し、駆動流体素子チップ6は不可逆的にメンブレン7に接着する。

【0016】図1AのA部が三方弁マイクロバルブ2を示しており、その拡大図が図2に示されている。幅100 μm の作動流体流路12が入口ポート及び出口ポートから来てチップの中央で合する。それぞれの流路12は一方弁マイクロバルブユニット3を有していて、これらの流路は実質上は等価である。一方弁マイクロバルブユニット3の断面図は図3に示されている。

【0017】作動流体素子流路12を中断する50 μm のギャップが弁座14として機能する。一方弁マイクロバルブユニット3は通常はメンブレン7と弁座14がシールして閉じている。外部の駆動流体空気負圧が制御ポート及び200 μm 幅の圧力室13を介して供給され、メンブレン7を一方弁マイクロバルブユニット3を開く方向に変位させる。例えばIn1からOutに至る作動流体流路12は制御ポートC1及びC3に同時に空気負圧を供給することによって開かれる。

【0018】次に以上のように構成された三方弁マイクロバルブ装置1及び一方弁マイクロバルブ装置の製作方法について説明する。三方弁マイクロバルブ装置1及び一方弁マイクロバルブ装置の製作過程はおおよそ図4に示されている。駆動流体素子チップ6は以下のような型成型技術によって製作される。高さ70 μm の圧力室13を形成するための反転パターンを形成するために、超厚膜フォトリソ15 (SU-8: Microchem社製、アメリカ) が基板16の上にスピンコートされ、製造者メーカーの指示にしたがって処理される。その後、反転パターンを露光し、現像する(図4A)。現像の後、接着を強化するために、炉中で4分間150 $^{\circ}\text{C}$ で焼かれ、それから1~2時間かけて室温まで徐冷される。型離れをよくするために、基板は反応性イオンエッチング(RIE)機械(System VII SLR 730/740: Plasma-therm社製、USA)中で2分間、CHF₃プラズマにより重合化されたフッロカーボン層が成膜される。その時の条件は以下の通りである。CHF₃ガス流量50sccm、圧力160mTorr、電力200w。

【0019】PDMS (Sylgard 184; Dow Corning社製、USA)の未重合溶液を溶液を保持する型枠を使用して基板上に注ぐ(図4B)。これに対して65 $^{\circ}\text{C}$ で1時間の第1キュアと、100 $^{\circ}\text{C}$ で1時間の第2キュアを与える。キュアされたPDMSチップは基板から剥離され、次に1.5mmのアクセス

ホールが3本、金属パイプを使用してチップにパンチして形成する(図4C)。次に、PDMSメンブレン7は他の基板上に形成され(図4D)、ついで以下に示す新技術によって、駆動流体素子チップ6上に移転させる(図4E)。前もって、CHF₃プラズマによって重合されたフッロカーボン層を前述のプロセスを使用して基板上に成膜しておく。

【0020】PDMSの未重合溶液は基板上に30秒間、3000rpmでスピンコートされており、かつオープンで100 $^{\circ}\text{C}$ 、1時間のキュアがほどこされている。その結果として、25 μm 厚のメンブレン7が得られた。駆動流体素子チップ6とメンブレン7の間では不可逆的接着を実現するために両表面はRIE機械中で以下のような条件で1時間、は酸素プラズマで処理する。酸素ガス流量100sccm、圧力300mTorr及び電力200W。

【0021】プラズマチャンバーから取り出した後、ただちに、2つの表面を接触させ、オープン中で100 $^{\circ}\text{C}$ で2時間焼く(図4D)。2つの部材は不可逆的に接着されたので、それらは一緒にメンブレン7の形状を保ったまま基板から剥離することができる(図4E)。最後に、すべての部材は組立てられる。作動流体素子チップ5はSU-8フォトリソの厚みが25 μm である点を除けば、駆動流体素子チップ6と同じ方法で製作される。作動流体素子チップ5は駆動流体素子チップ6とメンブレン7との合成体の表面に単に接触させるだけで可逆的接着する。

【0022】PDMSは透明だから位置合わせはビデオ顕微鏡(VH-6300; KEYE社製、日本)とX-Y-Zステージを利用した手製の道具を用いて行うことができる。6本のガラスパイプがアクセス孔に挿入され、PDMSに接着される(図4F)。

【0023】

【実験】以上説明したように構成された複数方弁マイクロバルブ装置1の流れ特性について実験した。

【0024】実験装置及び実験方法

水に対する三方弁マイクロバルブ装置の流量特性を図5に示す装置を使用して評価した。図5において、(a)真空ポンプ、(b, c)真空レギュレータ、(d-e)手動三方弁、(f)水捕捉トラップ、(g)三方弁マイクロバルブ、(h, i)純水を充填したシリコンチューブを示す。

【0025】水を吸い込むためとバルブメンブレンを制御するために、負圧が利用される。負圧は真空ポンプ(DA-5D; ULVAC真空機工社、日本)によって供給され、水の吸い込みとバルブの制御のために2つの真空レギュレータ(VR200-G; コガネイ社製、日本)を使用して別々に独立して調節された。ポート内の真空一大気圧間の圧力の切り替えは4つの三方弁を使用することによって行う。各ポート内の圧力はP_{XX}(ポ

ート名)で表示する。出口ポートから汲み上げられた水はレギュレータへの吸い込みを避けるために瓶に一旦溜められる。入口ポートは純水を満たしたシリコンチューブ(長さ1m、内径1mm)に接続される。チューブの他端は大気圧に開放される。装置と卓上に置かれたチューブとの間の高さの数cmの差を無視して圧力 P_{In1} 、 P_{In2} を大気圧とみなした。 I_{n1} と I_{n2} の体積流量 q_1 、 q_2 を計算するためにチューブ内の水の移動速度を計測した。

【0026】実験結果及び検討

図6Aにおいて、流量 q_1 を0~70KPaで変化する制御圧力 $PC1$ 、 $PC3$ に対してプロットしている。

(A) 流体ルート I_{n1} — O_{ut} の開閉挙動、 I_{n2} — O_{ut} の流体ルートは閉じられている。(B) 流体ルートが開状態における吸い込み圧力に対する流量を示す。他方の流体ルート I_{n2} — O_{ut} は閉じられている。

(C) 両方の流体ルートが開状態であるときの吸い込み圧力に対する流量を示す。

【0027】圧力 $PC2$ 及び $POUT$ は図に示されるように一定に保たれる。この曲線は流体ルート I_{n2} — O_{ut} が閉じているときの流体ルート I_{n1} — O_{ut} の開閉の挙動を示している。この曲線にはほとんど線形成はみられない。換言すれば、 $C1$ 及び $C3$ で制御される2つのバルブユニットからなる装置はひとつの $On-Off$ バルブとして機能する。

【0028】3つのバルブユニットは等価とみなせるから、 $C2$ — $C3$ 、 $C1$ — $C2$ の組み合わせも図6Aに示す $On-Off$ 特性と同じ特性を持つ。開放圧力と閉鎖圧力との間のヒステリシスはメンブレンと弁座との間のスティッキング(凝着)によって起こされるものと考えられる。閉状態での漏洩は検出されない。

【0029】図6Bにおいて、圧力変化が0~30KPaの吸い込み圧力に対する流量 q_1 がプロットされている。制御圧力は

【数1】

$PC1=PC3=-60KPa$ 、 $PC2=0KPa$

の一定に保持される。この圧力は流体流路 I_{n1} — O_{ut} とを“開”にし、流体流路 I_{n2} — O_{ut} を“閉”にする。図6Bに示すように、流量は吸い込み圧力に比例する。したがって、その比例定数を流路抵抗(圧力降下)と定義することができる。

【0030】曲線を図6Cから計算すると、流体抵抗 R_A は

【数2】 $R_A=1.65KPa/(\mu L/min)$

となる。図6Cは上記と同じ実験結果を示している。すべての制御ポートに圧力(-60Pa)をかけることにより、すべての流体流路は開状態に保たれる。図6Cに示す流量 q_1 、 q_2 は見込み通り互いにバランスして吸い込み圧力に比例している。流体ルート I_{n1} — O_{ut} の流路抵抗 R_B と流体ルート I_{n2} — O_{ut} の流路抵抗 R_C

は

【数3】 $R_B=2.24KPa/(\mu L/min)$

$R_C=2.29KPa/(\mu L/min)$

と計算される。

【0031】結論

一方弁マイクロバルブユニットを三つ備えた空気圧駆動の三方弁マイクロバルブ装置が製作された。一方弁バルブユニット間の間隔は780 μm よりも小さく、このことは高密度マイクロバルブアレイの実現可能性を開くものである。現在、この間隔は位置合せの精度からの制約を受けるが、近い将来には改善されるであろう。多層マイクロ流路を含んだ装置を比較的簡単なプロセスで製作した。これはPDMSを使用することによって可能となったものである。特に、PDMSメンブレンのウエハレベル移転の新技术が有効であることが証明された。PDMSはガラス、シリコンその他の種々の材料に不可逆的に接着することができるので、この技術は多層マイクロ流路システムに広く適用することができる。

【0032】

【発明の効果】従来のマイクロバルブユニットを製造するには両面露光、基板貫通エッチング、犠牲層エッチングなど複雑で時間のかかる工程が必要だったが、この発明では超厚膜フォトリソ膜の形成とパターンの露光、現像、型成形、及び可逆的—不可逆的接着の選択によって、工程を簡単化することができる。

【0033】また、高密度のマイクロバルブユニットアレイを作るためには流体回路と空気圧回路の精密な位置合わせが不可欠である。しかし、従来のマイクロバルブユニットでは主要な構造体に不透明なシリコン基板を用いているため、これは困難であったが、この発明では両チップ及びメンブレンにPDMSを使用することで部材の位置合わせを容易にし、部材の縮小化と合わせてマイクロバルブシステムの高密度化が可能となる。マイクロバルブに限らず、多層流体回路一般に適用できる。

【0034】

【図面の簡単な説明】

【図1】3つの一方弁ユニットで構成される三方弁マイクロバルブ装置を示す説明図。

【図2】図1AにおけるA部拡大図。

【図3】図2におけるB—B部断面図。

【図4】三方マイクロバルブユニットの製作過程を示す説明図。

【図5】水を使用して三方弁マイクロバルブの流量特性を評価するための実験装置を示す説明図。

【図6】水を取り扱った三方弁マイクロバルブの特性を示すグラフ。

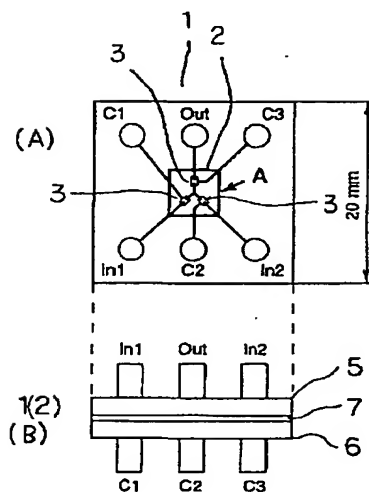
【符号の説明】

- 1 三方弁マイクロバルブ装置
- 2 三方弁マイクロバルブ
- 3 一方弁マイクロバルブユニット

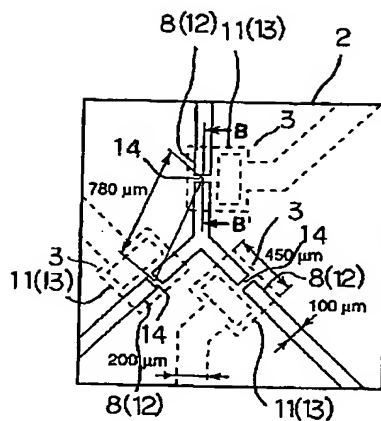
- 5 作動流体チップ
- 6 駆動流体チップ
- 7 メンブレン
- 8 溝
- 11 溝
- 12 作動流体流路
- 13 圧力室
- 14 弁座

- 15 超厚膜フォトリソ
- 16 基板
- In1 入口ポート
- In2 入口ポート
- Out 出口ポート
- C1 制御ポート
- C2 制御ポート
- C3 制御ポート

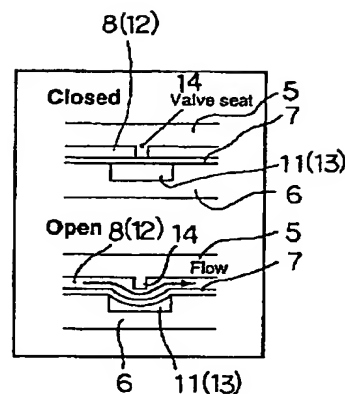
【図1】



【図2】

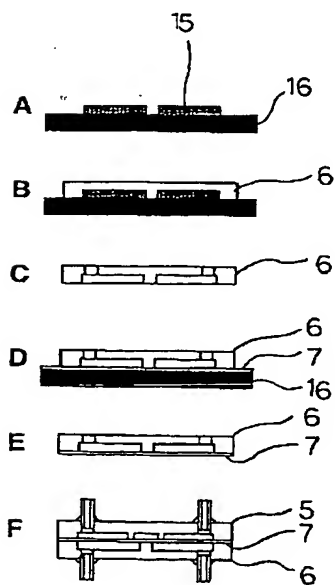


【図3】

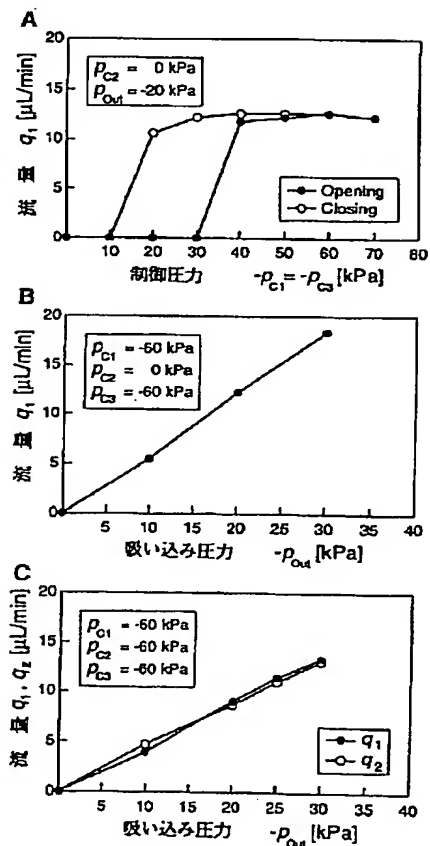
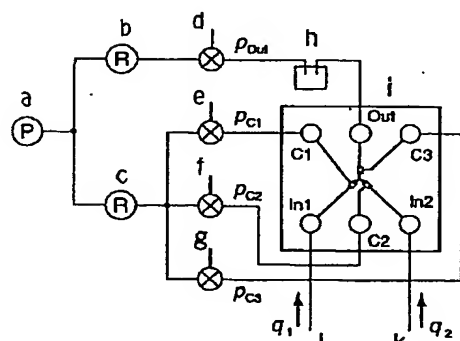


【図6】

【図4】



【図5】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3H056 AA01 AA07 AA08 BB32 CA08
CB03 CD04 DD08 EE01 FF10
GG03 GG14
3H067 AA01 AA28 AA32 BB08 BB14
CC32 DD05 DD33 EA28 EB28
EC14 EC17 FF12 GG02 GG21